



پایش زمانی و مکانی پدیده گرد و غبار و منشاء یابی آن با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای در

غرب ایران بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳

علی ابراهیم زغیر النصراوی، خلیل ولیزاده کامران، صدرا کریم زاده

دانشجوی دکترای گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز

عضو هیات علمی گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز، ایران

عضو هیات علمی گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز، ایران

چکیده

گرد و غبار از پدیده های عموماً زیان بار آب و هوایی هستند که همه ساله با ایجاد اختلال در امور اقتصادی و زندگی روزمره، موجب بروز خسارت های مالی و تهدید سلامت جسم و حتی روح افراد جامعه میشوند. این پدیده که در مناطق خشک و نیمه خشک، یکی از مخاطرات محیطی به شمار میرود، متاثر از تغییر شرایط جوی است که در صورت شناخت ساز و کار پیدایش و گسترش آن می توان از آسیب های آن کاست و یا دست کم با آن سازگار شد. منطقه مطالعاتی مورد بررسی شامل استانهای غربی و شمالغربی ایران است. داده های مورد استفاده در این پژوهش به دو دسته دادههای زمینی و داده های دورسنجی تقسیم شده اند. بر این اساس از روش کتابخانه ای استفاده شده است. داده های زمینی ۲۷ ایستگاه سینوپتیک در نیمه غربی کشور و مجموعه تصاویر ماهواره ای استخراج شده است. سپس دادهها را در محیط نرم افزارهای Excel، ArcGIS و GEE به توصیف وضع موجود اقدام شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد حداکثر مقدار پوشش گرد و غبار در روز اول، دوم، سوم و چهارم جولای در استان های فارس و بوشهر مشاهده شد ولی کمترین مقدار شاخص در بخش های دورتر در محدوده مورد مطالعه شامل استان های آذربایجان غربی و شرقی و قم و مرکزی بود. همچنین منشأ اصلی ورود این گرد و غبارها در خارج از مرزهای کشور بوده و از بیابانهای مناطق دوردست نشأت می گیرند.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، زمانی-مکانی، گرد و غبار، غرب ایران، GEE

۱- مقدمه

طوفان های گرد و غبار از پدیده های عموماً زیان بار آب و هوایی هستند که همه ساله با ایجاد اختلال در امور اقتصادی و زندگی روزمره، موجب بروز خسارت های مالی و تهدید سلامت جسم و حتی روح افراد جامعه میشوند. این پدیده که در مناطق خشک و نیمه خشک، یکی از مخاطرات محیطی به شمار میرود، متاثر از تغییر شرایط جوی است که در صورت شناخت ساز و کار پیدایش و گسترش آن می توان از آسیب های آن کاست و یا دست کم با آن سازگار شد (Abedzadeh et al., 2005).

کاهش دید و نفوذ شن و ماسه به دلیل طوفان های گرد و غبار، باعث افزایش حوادث جاده ای و خطرات هوانوردی شده و زیرساخت های زنجیره تامین، ارتباطات و حمل و نقل را مختل می کند (Middleton, 2018). به طور کلی، طوفان های گرد و غبار بر کل سیستم آب و هوا تأثیر می گذارد و می تواند باعث تغییرات در تراز تابش زمین و تشدید خشکسالی شود (Jish Prakash et al., 2015; Kaskaoutis et al., 2019; Kosmopoulos et al., 2017; Kumar et al., 2015).

ذرات گرد و غبار آئروسول های اولیه ای در سطح جهان هستند، آئروسول گرد و غبار می تواند چه به طور مستقیم و چه به صورت غیر مستقیم، بر تغییر اقلیم جهانی تأثیر گذار باشد (Wald et al., 1998). همه ساله مقادیر زیادی گرد و غبار از صحاری شمال آفریقا، شبه جزیره عربستان، عراق و سوریه به مناطق مختلف خاورمیانه از جمله ایران منتقل میشود. گرد و غبار ها بسته به میزان گرم شدن سطح زمین و سرعت بادهایی مثل هرمتن ۲ و بادهای شدید محلی دیگر تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری و بالاتر کشیده شده و با ورود به سامانه های بادی مدیترانه و شمال آفریقا به مناطق واقع در پیش روی این سامانه ها (از جمله ایران) منتقل میگردند (Dayan et al., 1991) این مسئله به اضافه گرد و غبار هایی که در اثر خشکی و برهنه بودن زمین بوسیله باد در محل ایجاد میشود (گردوغبارهای محلی)، از پدیده های مخاطره آمیز اقلیمی است که باعث وارد شدن خسارت هایی در زمینه زیست محیطی، بروز یا تشدید بیماری های تنفسی و قلبی و باعث کاهش عمر انسانها و اختلال در فعالیتهای اجتماعی و اقتصادی، ترافیک هوایی و زمینی، گردشگری، کشاورزی و کاهش تابش خورشید و ... میگردد (Chung & Yoon, 1996; Dayan et al., 1991; Hagen & Woodruff, 1973; Middleton & Chaudhary, 1988; Morales, 1979; Shao & Dong, 2006) تحقیقات سیستماتیک روی طوفان گرد و غبار آسیایی صورت گرفته است.

بیشتر این فعالیت ها در پیشرفت همه جانبه سیستمهای ردیابی و مدلسازی طوفان گرد و غبار با استفاده از مدل های سنجش از دور ماهواره ای و داده های سیستم اطلاعات جغرافیایی به دست میآیند (Shao & Dong, 2006) سنجش از دور به عنوان مهمترین ابزار در جهت پایش پدیده گرد و غبار محسوب میگردد. به همین منظور داده های ماهواره ای از لحاظ ویژگی های منحصر بفرد خود چون چند زمانه بودن، چند طیفی بودن، وسعت منطقه تحت پوشش، امکانات مناسبی را برای مطالعه پدیده های دینامیکی ارائه می دهند (Mei et al., 2008). از جمله کاربردهای داده ها و تصاویر ماهواره ای استخراج اطلاعات مربوط به پدیده گرد و غبار می باشد که با توجه به ویژگی های طیفی پدیده های

زمین (خاک، آب، گیاه و ...) میتوان باندهایی را برای مطالعه و شناسایی پدیده های سطح زمین انتخاب کرد و سپس در محیط GIS به مدیریت آنها پرداخت و با توجه به اینکه ماهواره ها به صورت دوره های در طول زمان های متوالی از هر منطقه جغرافیایی تصاویری تهیه میکنند، بر اساس این ویژگی با داده های ماهواره ای می توان روند تغییرات را با گذشت زمان بررسی نموده و تصمیماتی را اتخاذ نمود.

مطالعه پدیده گرد و غبار در غرب کشور، از چندین جنبه دارای اهمیت است. اول اینکه این منطقه به خاطر داشتن ویژگی های طبیعی از جمله بلندی ارتفاع و کوهستانی بودن آن به جز بخش کوچکی در محدوده ایلام، داشتن بارندگی سالانه بیشتر از متوسط کشوری و همچنین وجود پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی در مجموع از مناطق خشک کشور جدا میشود. به این ترتیب، یک منطقه منبع برای وقوع گرد و غبار به شمار نمیرود. در نتیجه بیشتر گرد و غبارهای فراگیر و گستردهای که در این منطقه مشاهده میشود فرا محلی بوده و از نواحی دور و نزدیک دیگر منشأ می گیرد. دوم اینکه این منطقه در مسیر ورود چرخند ها و سامانه های بادهای غربی است که عامل ورود گرد و غبار به غرب کشور میشود (Zolfaqari & Abedzadeh, 2005). استان های کرمانشاه کردستان و ایلام نیز با توجه به نزدیکی به بیابان های کشورهای مجاور همواره در معرض نفوذ گرد و غبارها واقع شده است. تلاشهای صورت گرفته برای کنترل و کاهش ورود این گرد و غبارها به نتیجه قابل قبولی منجر نشده و هر سال این پدیده خطرناک در مقیاس وسیع و با خطرات بیشتر تکرار میشود.

لذا در این پژوهش سعی بر آن است تا با بکارگیری فن آوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، قلمرو وقوع پدیده گرد و غبار، مناطق آسیب پذیر از حرکت این سیستم های گرد و غبار که با قلمرو فوق تطابق دارد مشخص شود.

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی مورد بررسی شامل استانهای غربی و شمالغربی ایران است (شکل ۱). پنج شهر که بیشترین آسیب را از گرد و غبار دیده اند در این استان ها عبارتند از: اهواز و آبادان در استان خوزستان، بوشهر در دشت ساحلی خلیج فارس (واقع در مرکز استان بوشهر) و ایلام و کرمانشاه که در استان های هم نام خود قرار دارند. اهواز (۴۸ درجه و ۶۸ دقیقه شرقی، ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی؛ ۱۸ متر بالاتر از سطح دریا) یکی از بزرگترین شهرهای ایران با جمعیت تقریباً ۱,۱۱۲,۰۰۰ نفر و وسعتی حدود ۵۳۰ کیلومتر مربع است (Naimabadi et al., 2016). این شهر یکی از پرگرد

و غبارترین شهرهای بزرگ جهان است و سازمان بهداشت جهانی آن را به عنوان آلوده ترین شهر جهان از نظر غلظت PM₁₀ در سال ۲۰۱۱ معرفی کرد (Doabi et al., 2017; Zarasvandi et al., 2011). به ترتیب، حداکثر و حداقل غلظت PM₁₀ در اهواز در تیرماه (بیش از ۴۰۰ میکروگرم بر متر مکعب) و دی ماه (حدود ۱۵۰ میکروگرم بر متر مکعب) شناسایی شده است (Maleki et al., 2016). این شهر در تمام طول سال از توفان های گرد و غبار مکرر و شدید رنج می برد که در بهار و اوایل تابستان بیشتر است (Salmabadi et al., 2020; Zarasvandi et al., 2011). آلودگی شرایط آب و هوایی مشابهی با اهواز و بار گرد و غبار بالایی در طول سال دارد.

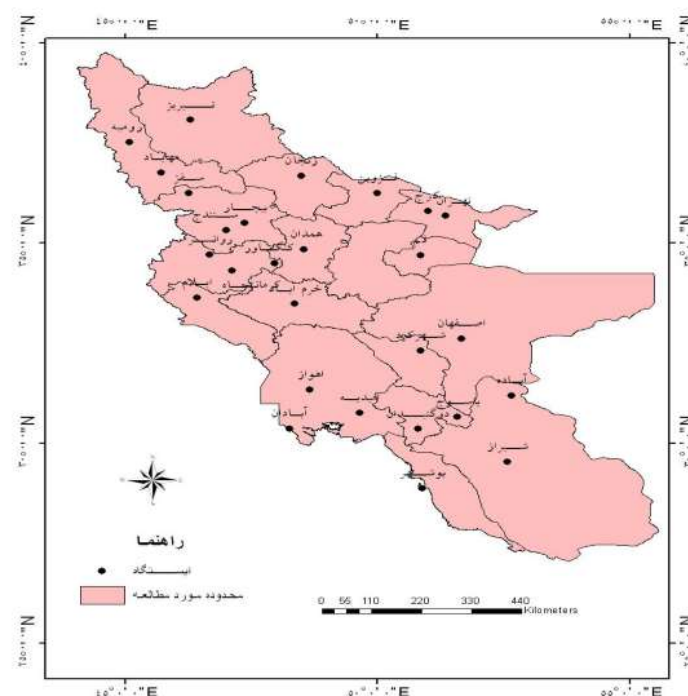


Figure 1: Study Area

۲-۲- داده های مورد استفاده

داده های مورد استفاده در این پژوهش به دو دسته داده های زمینی و داده های دورسنجی تقسیم شده اند:

داده های زمینی

در مطالعات مربوط به اقلیم شناسی کاربردی، دانسته های اقلیمی ایستگاه های اقلیمی و سینوپتیکی مهمترین و با ارزش ترین منابع اطلاعاتی تلقی می شود که از دیدبانی های پیوسته روزانه در ایستگاه اقلیمی و هواشناسی کشور به دست می آید و ارقام هفتگی، ماهانه و سالانه آن در اختیار موسسات و افراد وابسته قرار می گیرد (Alijani, 2001 & Kavehiani). از آنجا که هدف این تحقیق مطالعه پدیده گرد و غبار با توجه به آمارهای موجود می باشد، از روش

¹ WHO

کتابخانه ای استفاده شده است. داده های زمینی یعنی داده های کدبندی شده هوای حاضر و میزان دید افقی ۲۷ ایستگاه سینوپتیک در نیمه غربی کشور در بازه زمانی ۱۹۸۹-۲۰۰۸ با مراجعه به منابع گوناگون محلی و اینترنتی از جمله: سایت سازمان هواشناسی کشور، سالنامه های سازمان هواشناسی کشور و ادارات و نهادهای مرتبط استخراج شده است (جدول ۱). سپس داده ها را در بانک اطلاعاتی Excel وارد نموده و با استفاده از نرم افزارهای آماری به توصیف وضع موجود اقدام شده است (مبنای انتخاب این ایستگاه ها پراکنش مناسب آنها در محدوده مورد مطالعه بوده است).

داده های دورسنجی

گردآوری تصاویر روزانه سنجنده Modis در مناطق تعیین شده مورد مطالعه گردآوری اطلاعات سطح ۲، MYD04-L2، با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر به دست آمده از سنجنده MODIS روی ماهواره AQUA که با فرمت HDF میباشند برای ۴ روز اول ماه جولای سال ۲۰۰۸ میلادی انجام گرفت.

جدول ۱. ایستگاه های هواشناسی منتخب در غرب ایران و تعداد کل روزهای گرد و غبار طی سال های ۲۰۰۰-۲۰۲۳.

Synoptic Station	Longitude	Latitude	Elevation	Total Number of Dust Days
Ahvaz	48.6	31.33	22.5	1289
Abadan	48.25	30.33	6	1767
Bushehr	50.83	28.96	29	1371
Kermanshah	47.15	34.35	1318	863
Ilam	46.42	33.64	1387	948

۳-۲- روش اجرای پژوهش

۳-۲-۱- مراحل پردازش تصاویر

پس از گردآوری تصاویر، پردازش تصاویر به سه مرحله ی پیش پردازش، پردازش و پس پردازش تقسیم شد. پیش پردازش عملیاتی است که به منظور کاهش خطاها و بهینه سازی تصویر برای اهداف خاص استفاده می شود. این عملیات شامل سه مرحله تصحیح اتمسفری تصاویر، تصحیح هندسی و تصحیحات رادیومتریکی می باشد. البته بسته به نوع سنجنده و سطح پردازش تصویر دریافتی، برخی از این خطاها قبلاً در تصویر دریافتی تصحیح شده اند.

۱-۳-۲-۱- تصحیح اتمسفری

انرژی الکترومغناطیسی که از اجسام و پدیده ها منتشر می شود. در بین راه مسیری طولانی را طی میکند تا اینکه به سنجنده برسد. این انرژی در طول مسیر ممکن است دچار تغییراتی شده و انرژی ثبت شده توسط سنجنده، انرژی واقعی منعکس شده از پدیده ها نباشد. اثرات اتمسفر بر روی تصاویر ماهواره های متناسب با موقعیت جغرافیایی و زمان تصویربرداری تعیین میگردد. هدف از تصحیح اتمسفری تبدیل داده های رادیانس به بازتابش یا میزان انرژی منعکس شده از هدف، قبل از عبور از اتمسفر میباشد. در این پایان نامه به منظور حذف اثرات اتمسفری تصاویر مورد استفاده از روش کلی مبتنی بر کاهش تیرکی ارزش های عددی پیکسل های تیره (Dark Subtract) در نرم افزار ENVI استفاده گردید.

روش کاهش ارزش های عددی پیکسل های تیره بر این فرض استوار است که کمترین مقدار درجات روشنایی در هر باند بایستی صفر باشد. این روش از دقت بالایی برخوردار بوده و به وفور در تحقیقات مورد استفاده قرار میگیرد (جلال کمالی، ۱۳۸۸).

۲-۳-۱- تصحیحات هندسی

خطاهای هندسی موجود در تصاویر ماهواره های عوامل مختلفی دارند. از جمله انحنای زمین، نوسان سنجنده، ناهمواری سطح زمین و جهت برطرف کردن این خطاها روش های مختلفی وجود دارد که هدف همه آنها منظم کردن اندازه پیکسلها و مشخص کردن موقعیت مکانی هر تصویر میباشد. در این پژوهش برای تصحیح خطاهای هندسی تصاویر ماهواره های از نرم افزار ENVI استفاده شد.

۳-۲-۱- تصحیحات رادیومتریکی

تصاویر مورد استفاده در این پژوهش خود به صورت رادیانس طیفی بوده لذا نیازی به برآورد مجدد آن نیست.

در ادامه کار و پس از انجام بررسی های لازم روی داده های ثبت شده ی ایستگاه های زمینی، تصمیم بر آن شد تا با استفاده از تصاویر ماهواره های سنجنده MODIS، روند تغییرات این پدیده در نیمه غربی ایران مشخص شود. شاخص مورد استفاده در این تحقیق شاخص نرمال شده تفاضل غبار می باشد.

۳-۲-۲- شاخص NDDI

شاخص های طیفی با توجه به ویژگی های گرد و غبار در مناطق مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز اطلاعات خوبی را درباره ویژگیهای غبار فراهم می کند. در طول روز، با توجه به انعکاس اشیاء مختلف، زمین و ابر می توانند از یکدیگر جدا شوند. انعکاس طوفان گرد و غبار شبیه به انعکاس زمین که با طول موج افزایش مییابد میباشد. با توجه به ویژگیهای طیفی، انعکاس ابر و برف در باند ۳ MODIS (۴۵۹/۰ میکرون تا ۴۷۹/۰ میکرون) به حداکثر میرسد، اما در باند ۷ (۱۰۵/۲ میکرون تا ۱۵۵/۲ میکرون) به حداقل میرسد. براساس اختلاف انعکاس طوفان گرد و غبار، ابر و برف، شاخص نرمال شده تفاضل غبار می تواند برای حذف تاثیر ابر و برف به طور مؤثری استفاده شود (Qu et al., 2006).

^۱ NDDI

^۲ شاخص نرمال شده تفاضل غبار

بر اساس آنالیز باندهای انعکاس خورشیدی گرد و غبار در ماهواره MODIS، شاخص نرمال شده تفاضل غبار با استفاده از تجهیزات انعکاسی کانالهای سنجنده MODIS که بین باندهای ۴۶۹/۰ و ۱۳/۲ میکرون تمرکز یافته ارائه خواهد شد. شاخص نرمال شده تفاضل غبار از طریق معادله (۴-۱) محاسبه می شود.

$$NDDI = (p2.13\mu m - p0.469\mu m) / (p2.13\mu m + p0.469\mu m)$$

معادله (۴-۱) که $p2.13\mu m$ و $p0.469\mu m$ در بالای اتمسفر (TOA) در باندهای ۷ و ۳ به ترتیب انعکاس می یابند (Mei et al., 2008).

اگر $NDDI < 0$ باشد می تواند برای حذف تاثیر ابر مورد استفاده قرار گیرد. اگرچه، انعکاس آب در باند ۷ به صفر نزدیک می شود. در جاییکه آب وجود دارد، $NDDI < 0$ نمی تواند یک نتیجه خوبی را به دست دهد. بنابراین باید در همان ابتدا حذف شود. باند ۷ می تواند برای حذف تاثیر آب استفاده شود (Qu et al., 2006).

۳-۲-۳- آزمون های پارامتری و غیر پارامتری

آزمون های پارامتری بر این فرض استوارند که داده ها و خطاهای متناظر آنها (انحراف از روند) از یک توزیع آماری مشخص پیروی می کنند که آن توزیع معمولاً توزیع نرمال می باشد. مزیت آزمون های پارامتری در کمی کردن تغییرات موجود در داده هاست (به عنوان مثال، بزرگی تغییرات میانگین یا تغییرات روند) و به طور کلی از آزمونهای غیر پارامتری نیرومندترند. هنگامیکه دادهها از توزیع آماری مشخصی پیروی نمی کنند، آزمونهای غیر پارامتری به کار می آیند. آنها قادر به ردیابی هر گونه تغییرات و روند موجود در داده ها بوده ولی در تعیین مقدار کمی آنها ناکارآمدند. آزمون های غیر پارامتری در روندیابی داده های هیدرولوژیکی و اقلیمی بسیار مفید و کارآمد می باشند، چرا که بسیاری از سری های زمانی دادههای هیدرولوژیکی فاقد توزیع آماری نرمال بوده و از توزیع خاص دیگری نیز پیروی نمی کنند. آزمون های روندیابی من-کندال و Sen's Estimator از این دسته اند.

۳-۲-۴- آزمون روند من-کندال

آزمون من - کندال ابتدا توسط من (یامان) (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (Partial & Kahya, 2006; Serrano et al., 1999). این آزمون غیر پارامتری وجود هرگونه روند خطی را در سری زمانی داده ها ردیابی می کند (Bozorgnia, 1987). از نقاط قوت این روش می توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری های زمانی ای که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی کنند اشاره کرد. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در

برخی از سری های زمانی مشاهده می شوند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن وعدم وجود روند در سری داده ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک دال بر وجود روند در سری داده ها است. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف. محاسبه اختلاف بین تک تک تعداد روزهای غبارآلود با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

$$S = \sum_{j=K+1}^{N-1} \sum_{j=K+1}^N \text{sgn}(x_j - x_k)$$

رابطه ۱.

که n تعداد مشاهدات سری، و X_k و X_j به ترتیب داده های j ام و k ام سری می باشند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است.

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

رابطه ۲.

ب. به دلیل این که همه ایستگاهها دارای بیش از ۲۰ سال آمار هستند از رابطه زیر برای محاسبه واریانس استفاده شده است:

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18}$$

رابطه ۳.

که n تعداد داده های مشاهداتی و m معرف تعداد سری هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده های با ارزش یکسان است.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases}$$

رابطه ۴.

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده ها، فرض صفر در صورتی پ

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2}$$

رابطه ۵.

که a سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می شود و Z_a آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی دار a میباشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $a/2$ استفاده شده است. در این آزمون سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد استفاده قرار میگیرد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند داده ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی خواهد بود (Hojjam et al., 2008).

در روش Sen's Estimator نیز همانند روش من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره گرفته می شود. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت کردن در مورد معنی داری شیب بدست آمده در سطوح اعتماد مختلف استوار است. مراحل کلی انجام این آزمون به شرح زیر است:

الف. محاسبه شیب بین هر جفت داده ی مشاهده ای با استفاده از رابطه زیر:

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad \text{رابطه ۶.}$$

که در آن X_s و X_t به ترتیب داده های مشاهده ای در زمان های t و s که t یک واحد زمانی بعد از زمان s است. با اعمال رابطه (۶) برای هر جفت داده مشاهده ای، یک سری زمانی از شیب های محاسبه شده حاصل می شود که از محاسبه میانه این سری زمانی شیب خط روند Qmed بدست می آید. مقدار مثبت Qmed حاکی از روند صعودی و مقدار منفی آن دال بر نزولی بودن روند می باشد.

ب. محاسبه پارامتر Ca در سطوح اعتماد مورد آزمون به کمک رابطه زیر:

$$C_a = Z_1 - \frac{\alpha}{2} \sqrt{\text{Var}(s)} \quad \text{رابطه ۷.}$$

که در آن Z آماره توزیع نرمال استاندارد می باشد و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می تواند مقادیر مختلفی را به خود بگیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می شود.

ج. محاسبه حدود اعتماد بالا و پایین (M_1 و M_2) از طریق رابطه زیر:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N^1 - C_a}{2} \\ M_2 = \frac{N^1 + C_a}{2} \end{cases} \quad \text{رابطه ۸.}$$

که N تعداد شیب های محاسبه شده در بند الف. می باشد.

در مرحله نهایی این روش، آزمون کردن حدود اعتماد محاسبه شده است. به این ترتیب که از بین شیب های محاسبه شده توسط رابطه (۶) M_1 امین و $M_2 + 1$ امین شیب ها استخراج می شوند. در صورتیکه عدد صفر در دامنه بین دو

شیب استخراج شده فوق قرار بگیرد فرض صفر پذیرفته شده و بر سری زمانی مورد آزمون نمی توان هیچگونه روندی را در سطح اعتماد به کار گرفته شده نسبت داد. در غیر این صورت فرض صفر رد شده و میتوان پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی داری در سطح اعتماد مورد آزمون می باشد (Hojjam et al., 2008). در این تحقیق سعی می شود تغییرات روزهای همراه با گرد و غبار در غرب ایران در طی ۲۰ سال اخیر بر اساس روش های آماری ناپارامتریک من-کندال و Sen's Estimator توصیف شود.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شاخص NDDI

در طول روز، با توجه به انعکاس اشیاء مختلف، زمین و ابر می توانند از یکدیگر جدا شوند. انعکاس طوفان گرد و غبار شبیه به انعکاس زمین که با طول موج افزایش می یابد می باشد. با توجه به ویژگی های طیفی گرد و غبار، که انعکاس پوشش غباری در باند ۳ MODIS (۴۵۹/۰ میکرون تا ۴۷۹/۰ میکرون) به حداقل میرسد، اما در باند ۷ (۱۰۵/۲ میکرون تا ۱۵۵/۲ میکرون) به حداکثر میرسد، با در نظر گرفتن معیارهای بازتابی دو گانه (یعنی مقدار بازتابش پیکسل ها در باند هفت بیشتر از مقدار بازتابش پیکسل ها در باند سه) و به شرط NDDIO به منظور استخراج مقادیر شاخص نرمال شده تفاضل غبار اعمال گردید.

در شکل ۲ واضح است که انعکاس غبار (شن و خاک) معمولاً با طول موج بین ۴/۰ و ۵/۲ میکرون با یک مقدار حداقل در باند ۳ (۴۶۹/۰ میکرون) و یک مقدار حداکثر در باند ۷ (۱۳/۲ میکرون) افزایش می یابد. این ویژگی های طیفی شن و خاک تشخیص طوفان شن و گرد و غبار را از ابر آسان می کند. بنابراین، اشکال طوفان شن و گرد و غبار با استفاده از ویژگی های طیفی غبار همانطور که اینجا می آید مشخص می شود.

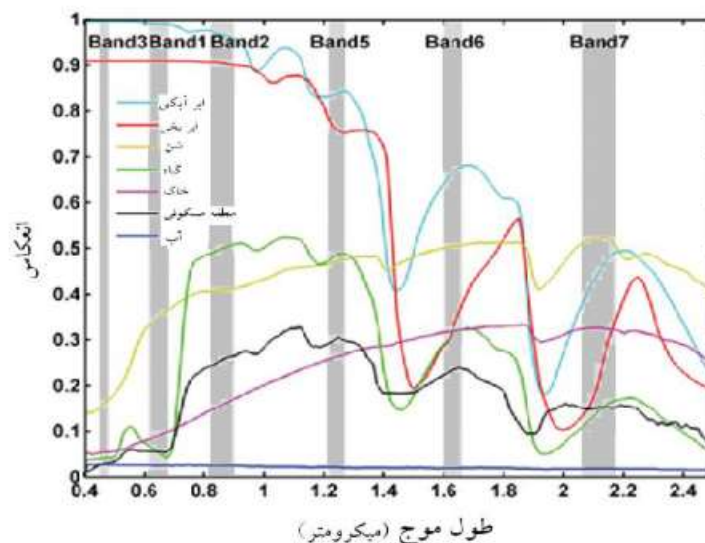


Figure 2: Reflection of liquid and icy clouds, sand, vegetation, soil, residential areas, and water in the wavelength range of 0.4 - 2.5 microns (Qu et al., 2006).

براساس اختلاف انعکاس طوفان گرد و غبار، ابر و برف، شاخص نرمال شده تفاضل غبار می تواند برای حذف تاثیر ابر و برف به طور مؤثری استفاده شود بنابراین در تصویر حاصل از شاخص نرمال شده تفاضل غبار ابرها و دیگر عوارض موجود حذف گردیده و تنها عارضه موجود در آن گرد و غبار می باشد.

حاصل بکارگیری شاخص نرمال شده تفاضل غبار این خواهد شد که پیکسل هایی با ارزش ۱- تا ۱+ ایجاد خواهد شد که ارزش هایی که از ۱- تا صفر می باشند نشان دهنده مناطقی است که گرد و غبار در آنها وجود ندارد و از صفر تا ۱+ مناطقی را شامل می شود که گرد و غبار ضرایب مثبت را به خود اختصاص می دهد. هر قدر شدت گرد و غبار بیشتر باشد، عدد مورد نظر به ۱ نزدیکتر و هر چه شدت کمتر باشد به صفر متمایل می شود.

بعد از تهیه نقشه های شاخص نرمال شده تفاضل غبار برای روزهای مورد نظر با استفاده از فرمان Reclass به استخراج محدوده های گرد و غباری از سایر محدوده ها پرداخته می شود. بدین صورت که نقاطی که ارزش بیکسل های آن بیشتر از صفر بود به عنوان نقاط غباری و پیکسل های با ارزش صفر و کمتر، بیانگر نقاط فاقد غبارند. در این مدل، کل تصویر به دو پهنه غباری و بدون غبار طبقه بندی میگردد. لکه های تیره نشان دهنده پوشش غباری و نواحی روشن فاقد غبارند.

شاخص نرمال شده تفاضل غبار برای پایش پدیده گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره AQUA سنجنده MODIS در نیمه غربی ایران بکار گرفته شد. حدود ۱۸ استان تحت تاثیر این پدیده قرار گرفتند. این رخداد شدیدترین پدیده گرد و غباری بود که در منطقه غرب ایران در طی دوره مورد مطالعه اتفاق افتاده بود. در شکل زیر میانگین برآورد شده مناطق قابل مشاهده میباشد.

جدول ۲. میانگین برآورد شده برای سطوح پوشیده از گرد و غبار در ۱۸ استان منطقه مورد مطالعه بر اساس زمانهای منتخب در تصاویر

ایستگاه	۲۰۰۸/۰۶/۰۱	۲۰۰۸/۰۶/۰۲	۲۰۰۸/۰۶/۰۳	۲۰۰۸/۰۶/۰۴
فارس	۰/۰۴۲	۰/۰۴۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹
کردستان	۰/۰۴۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳
بوشهر	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۵۳	۰/۰۴۴
کهگیلویه و زنجان	۰/۰۳۹	۰/۰۲۸	۰/۰۰۹	۰/۰۲۴
آذربایجان غربی	۰/۰۳۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۸
چهارمحال	۰/۰۳۳	۰/۰۲۴	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳
خوزستان	۰/۰۳۲	۰/۰۲۵	۰/۰۳۹	۰/۰۱۸
کرمانشاه	۰/۰۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۹	۰/۰۲۹
آذربایجان شرقی	۰/۰۲۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱
اصفهان	۰/۰۲۲	۰/۰۳۳	۰/۰۲۱	۰/۰۴۳
همدان	۰/۰۲۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۲۳
تهران	۰/۰۲۰	۰/۰۲۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱
قزوین	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹
ایلام	۰/۰۱۶	۰/۰۱۷	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲
مرکزی	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴	۰/۰۲۷
قم	۰/۰۱۴	۰/۰۲۱	۰/۰۰۶	۰/۰۲۹
لرستان	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۹	۰/۰۲۲

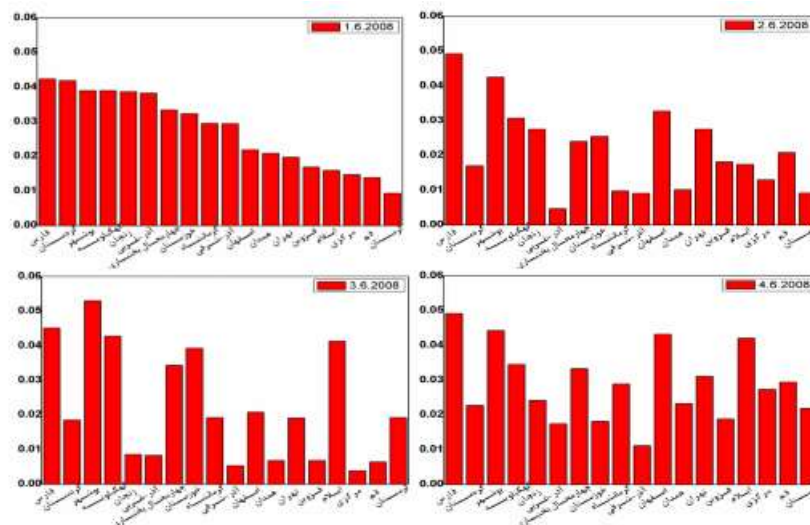


Figure 3: Comparison of the percentage of dust-covered area in provinces located in the western half of the country

نتایج بررسی ها نشان میدهد که میانگین روزانه شاخص نرمال شده تفاضل غبار در ۴ روز اول جولای ۲۰۰۸، به ترتیب ۰/۰۲۲، ۰/۰۲۲، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۲۹ می باشد. شاخص نرمال شده تفاضل غبار در طول ۴ روز مورد مطالعه دارای تغییراتی بوده است که از جمله دلایل این می تواند ورود یک سیستم سینوپتیک مرطوب و ابرآلود باشد که به وضوح می توان در روز دوم و سوم در بخش های مرکزی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه مشاهده کرد. همانطور که مشاهده شد حداکثر مقدار پوشش غباری در روز اول جولای در استان های فارس، کردستان و بوشهر مشاهده شد. کمترین میزان پوشش غباری در این روز در استان های لرستان، قم و مرکزی دیده شد. در روز دوم و سوم و چهارم

جولای بیشترین سطوح غبارآلود در استان های فارس و بوشهر قرار داشت ولی کمترین مقدار شاخص در بخش های شمالی تر محدوده مورد مطالعه شامل استان های آذربایجان غربی و شرقی، قم و مرکزی، لرستان بود. با توجه به اعداد به دست آمده می توان مشاهده کرد که شدت گرد و غبار در استان های واقع در بخش غربی ایران دارای تغییراتی بوده است شدیدترین میزان گرد و غبار در ۲ استان بوشهر و فارس مشاهده شد که شدت آن در طی ۴ روز متغیر بوده و از روز اول به چهارم شدت آن به حالت سینوسی برای دو استان افزایش و کاهش داشته است.

۲-۳- نتایج آزمون های روندیابی من - کندال و Sen's Estimator

در نتیجه وجود نوسانات آب و هوایی شدید در مقیاس های مختلف زمانی در گوشه و کنار کشور، هیچ منطقه ای از ایران، از پدیده غبار در امان نبوده و به نسبت موقعیت طبیعی خود اثرهای این پدیده مخرب را تجربه می نماید. اما حاشیه های غربی منطقه مورد مطالعه در بخش مرز سیاسی کشور، به علت نوسانات بیشتر در سامانه های جوی، از آسیب بیشتری نسبت به بخش های شمالی منطقه مورد مطالعه برخوردار هستند. در این بخش به تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده از روش های آماری بر روی داده ها پرداخته شده است. از اینرو برای دست یابی به پاسخ سوالات مطرح شده در طرح تحقیق نیاز به انتخاب روشی مناسب جهت انجام عملیات آماری بر روی داده های تعداد روز گرد و غبار بود که از بین روش های آماری ناپارامتری، روش من - کندال و Sen's Estimator انتخاب گردید. ۲۷ ایستگاه سینوپتیک واقع در منطقه غرب ایران که در بازه زمانی ۱۹۸۹ الی ۲۰۰۸ دارای آمار بودند انتخاب و نتایج حاصل از دو روش با هم مورد مقایسه قرار گرفتند. در ابتدای کار از تست من-کندال و Sen's Estimator بر روی دادهها جهت تعیین وجود روند یا عدم وجود روند در تعداد روز غبارآلود استفاده شده است. در همین راستا برای مشخص کردن روند در دادههای آماری و تعیین نوع و زمان تغییر از روش گرافیکی من-کندال نیز استفاده شد.

برای کلیه سری های زمانی مورد مطالعه در ابتدا آماره های دو آزمون من - کندال و Sen's Estimator محاسبه گردیدند سپس معنی داری این آماره ها در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد آزمون قرار گرفت. نتایج کمی آزمون های روندیابی انجام شده روی داده های تعداد روز غبارآلود در سال در سطوح معنی داری مختلف در قالب جدول (۵-۳) آورده شده است. در این جدول، * و ** به ترتیب نشان دهنده وجود روند در سطوح معنیداری ۹۹٪ و ۹۵٪ در داده مورد بررسی است. نتایج حاصل از آزمون من - کندال مندرج در جدول به صورت علائم مشخص و به تفکیک سطوح معنی داری مختلف (P) آمده است.

جدول ۳. نتایج حاصل از آزمون من کندال و Sen's Estimator در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد

نام ایستگاه	Mann-Kendall	Sen's Estimator			
		شیب خط روند			
		حدود اطمینان بالا	حدود اطمینان پایین	حدود اطمینان بالا	حدود اطمینان پایین
آبادان	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۹	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
امیرک	۰.۰۰۹	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
بوشهر	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
ایلام	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
کرمانشاه	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
خرم آباد	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
سنندج	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
شیراز	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
تهران	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
تاسوج	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
قم	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
شهرکرد	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
مشهد	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
البرز	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
لنجان	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
دوگنجان	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
کنگاور	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
کرج	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
مهاباد	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
امیرک	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
آباد	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
اسفهان	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
روانسر	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
ارومیه	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
ایرج	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
سبز	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
همدان	*۰.۰۰۱	*۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱

همانطور که از (جدول ۳) برمی آید نتایج حاصل از تحلیل سری سالانه داده های تعداد روز غبارآلود نشان داد که همه ایستگاه ها در آزمون منکندال و ۱۹ ایستگاه با آزمون سنس استیمیتور دارای روند بودند ولی تنها در تعداد کمی از این ایستگاهها روند معنی داری تشخیص داده شده است. در سطوح معنی دار ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب ۷۴/۴۰ و ۸۱/۱۴ درصد ایستگاهها توسط آزمون من - کندال دارای روند معنی دار بودند و نیز در آزمون Sen's Estimator به ترتیب ۹۲/۲۵ و ۷/۳ درصد ایستگاهها دارای روند معنی دار بودند. نتایج بررسی روند تغییرات زمانی تعداد روز غبارآلود در منطقه مورد مطالعه روند افزایشی را در اکثر ایستگاه ها نشان می دهد.

چنانچه در جدول ۳ مشخص است هر سه روند را می توان در منطقه مورد مطالعه دید:

روند تعداد روز غبارآلود ایستگاه آبادان و امیدیه در سطح اطمینان ۹۵٪ در هر دو روش من - کندال و Sen's Estimator معنی دار و دارای روند افزایشی بوده است اما در سطح اطمینان ۹۹٪ روند معنی داری ندارد.

روند ایستگاه بوشهر در سطح اطمینان ۹۵٪ در دو روش مذکور با روندی کاهشی معنی دار بود.

روند تعداد روز غبارآلود در ایستگاه خرم آباد در هر دو روش در سطح اطمینان ۹۹٪ با روندی افزایشی معنی دار است.

ایستگاه های کنگاور و سقز در سطح اطمینان ۹۹٪ با روش من - کندال و در سطح اطمینان ۹۵٪ در روش Sen's Estimator دارای روند افزایشی معنی دار بودند. ایستگاه قزوین نیز به همین ترتیب روندی معنی دار داشته اما روند آن کاهشی بوده است.

ایستگاه سنندج، شهرکرد و بیجار در روش من - کندال در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای روندی افزایشی و معنی دار اما در روش Sen's Estimator روند معنی داری نداشته اند.

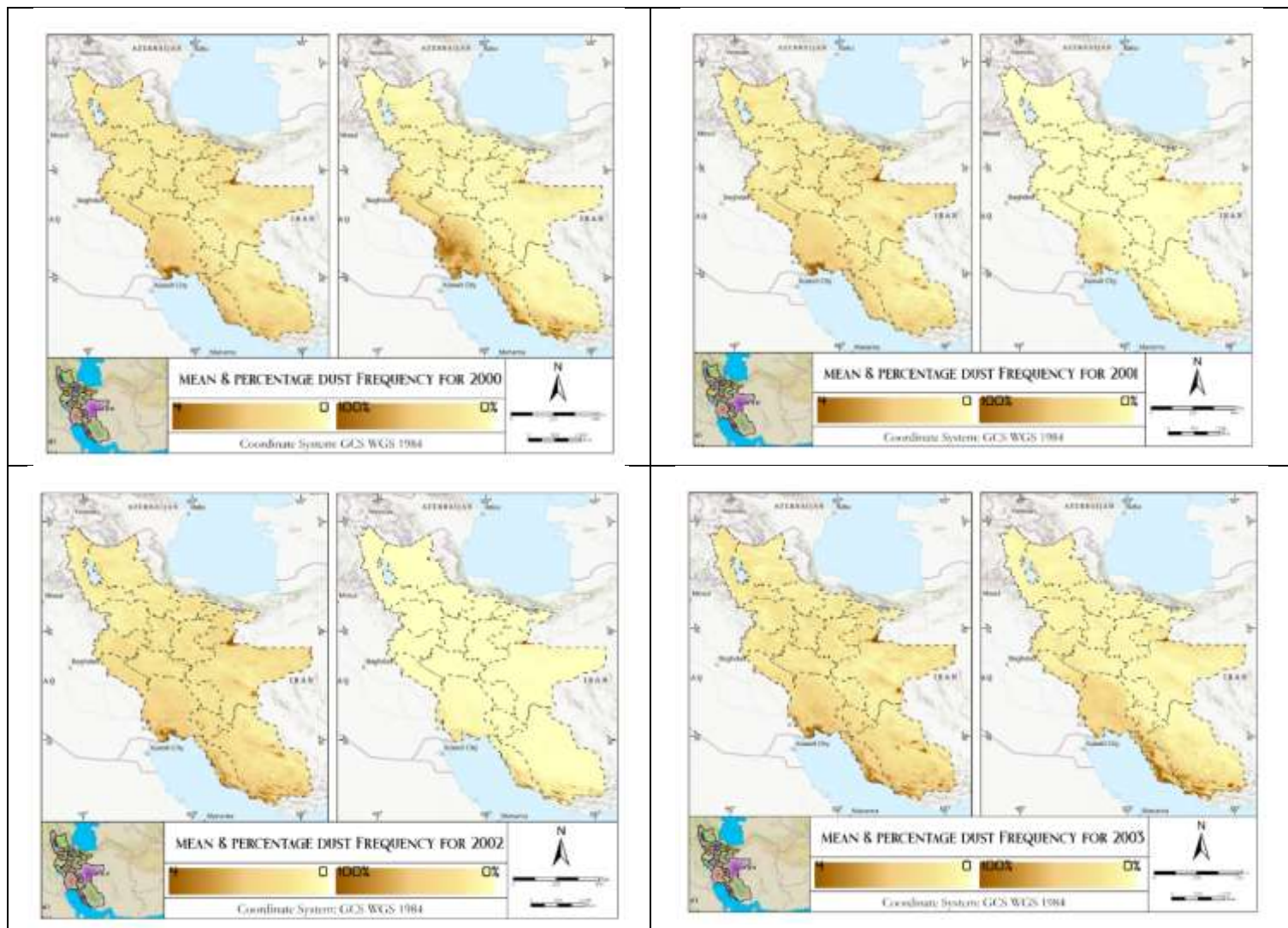
ایستگاه قم در روش من - کندال، روند کاهشی در سطح اطمینان ۹۵٪ و روندی بی معنی در روش Sen's Estimator داشته است.

روند تعداد روز غبارآلود در ایستگاه های اهواز، شیراز، آباده، یاسوج، زنجان، دو گنبدان، اصفهان، همدان، تبریز، ارومیه، تهران، کرج، مهاباد، روانسر، ایلام و کرمانشاه معنی دار نبوده است.

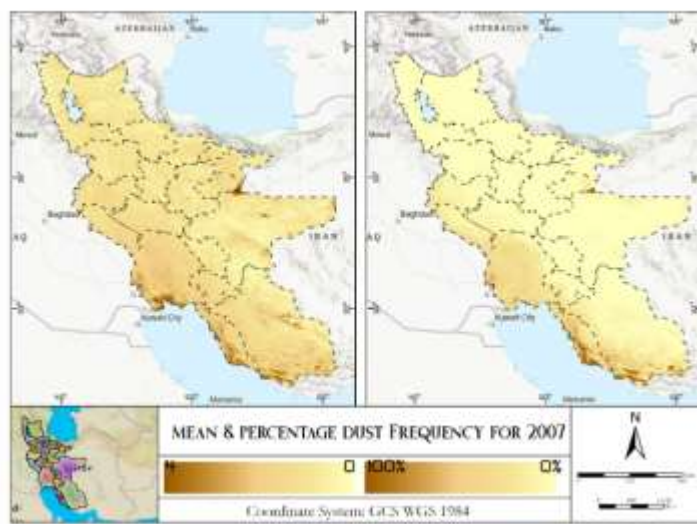
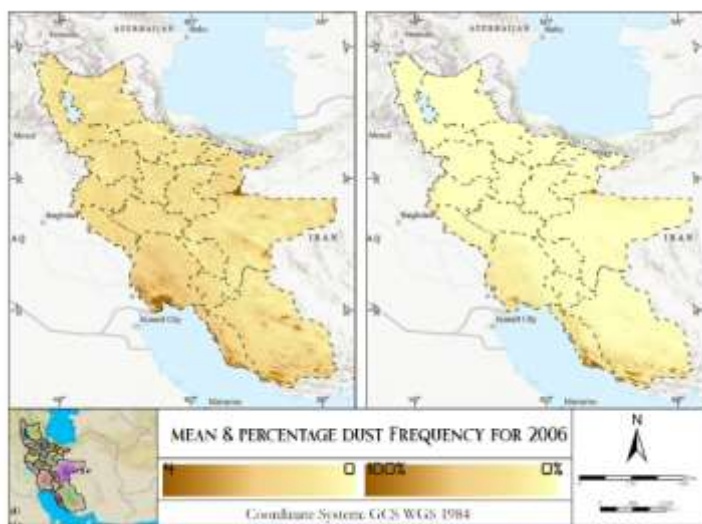
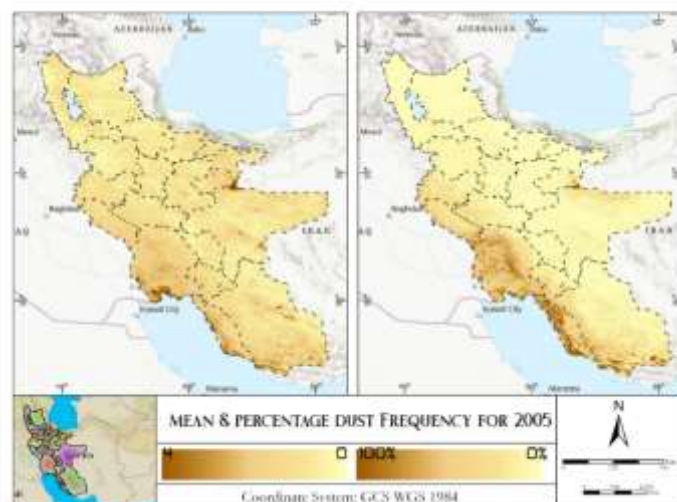
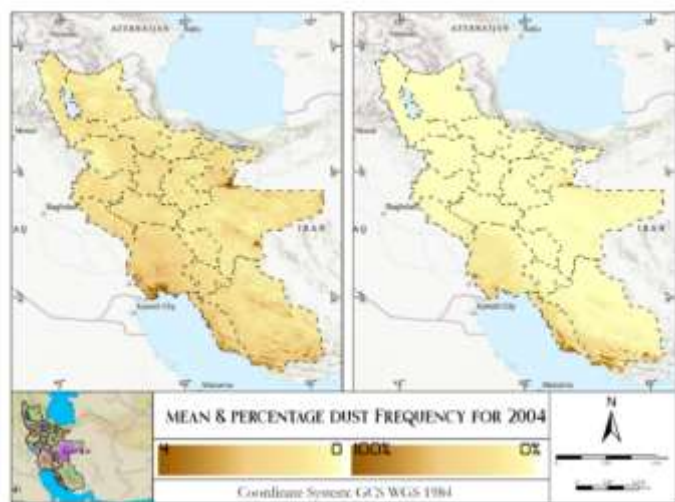
نتایج نشان داد که کارآیی دو روش فوق در تحلیل روند تعداد روز غبارآلود سالانه در بیشتر موارد شبیه هم است و کارآیی روش Sen's Estimator در تحلیل مشاهداتی که در آن ها تعداد داده های صفر (عدم وجود روز غبارآلود) زیاد است بهتر از آزمون من-کندال می باشد. با توجه به ناکافی بودن تعداد سری های دارای روند معنی دار نسبت به سری های فاقد روند، نمی توان روند خاصی را بر تعداد روز غبارآلود منطقه مورد مطالعه نسبت داد. با توجه به موقعیت و نحوه پراکنش ایستگاه های دارای روند معنی دار در منطقه مورد مطالعه، می توان چنین نتیجه گیری کرد که روندهای حادث شده در منطقه مورد مطالعه تابع هیچ نظم خاصی نبوده و نمی توان وجود روند خاصی را به قسمتی از منطقه مورد مطالعه یا کل آن نسبت داد. همچنین از آنجایی که تعداد ایستگاههای دارای روند معنیدار بسیار کمتر از سری های فاقد روند می باشند، لذا دلیلی بر وجود روند بصورت منطقه ای وجود ندارد و رونده ای حادث شده را می توان بصورت نقطه ای و تنها به ایستگاه های دارای روند نسبت داد. برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر و آشکارسازی نقاط عطف (جهش) در سری زمانی سالانه تعداد روز غبارآلود در بازه زمانی ۲۰ ساله، نیاز به آزمون گرافیکی کندال میباشد که نتایج آن در (جدول ۳) آورده شده است.

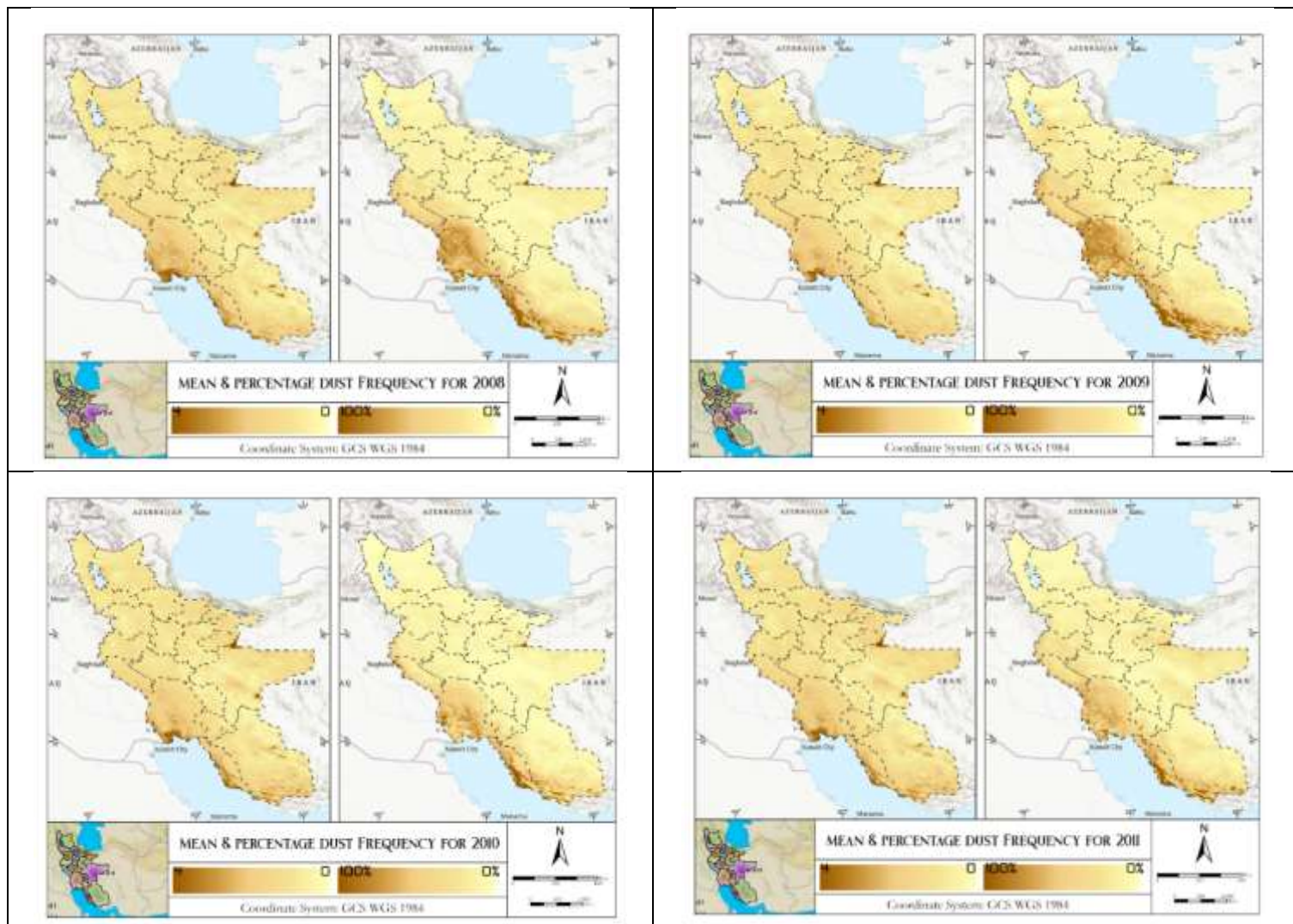
۲-۴- توزیع زمانی-مکانی گرد و غبار

پس از استخراج داده های هواشناسی تصاویر ماهواره ای استانهای محدوده مورد مطالعه، نتایج میانگین و فراوانی وقوع گرد و غبار در در طی دوره مورد مطالعه در اشکال زیر (شکل ۴) قابل مشاهده می باشد.

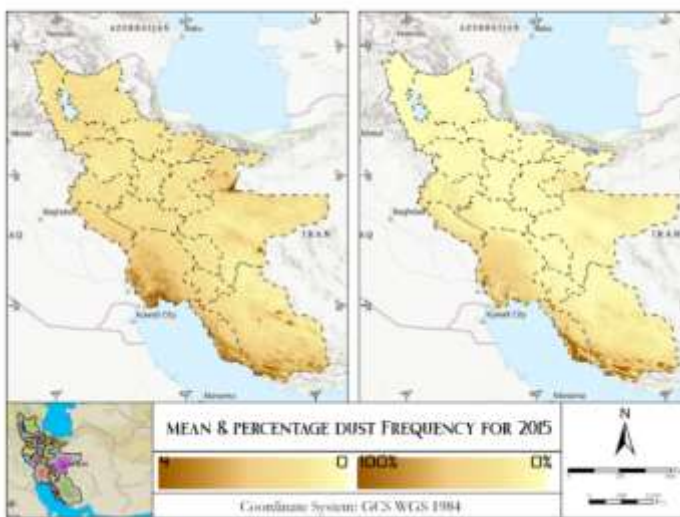
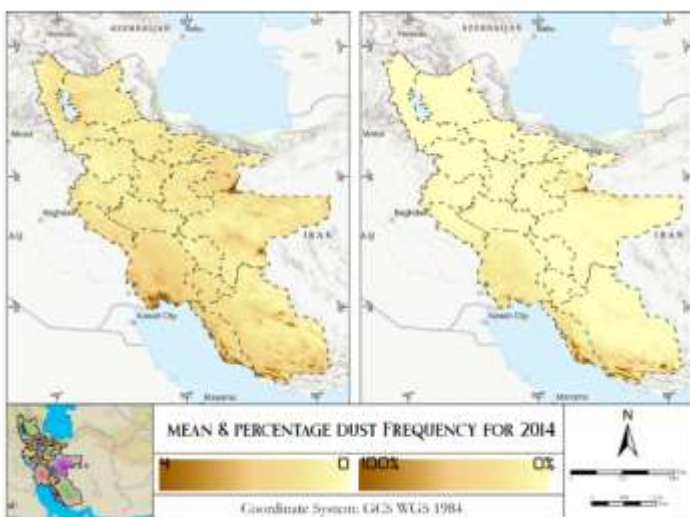
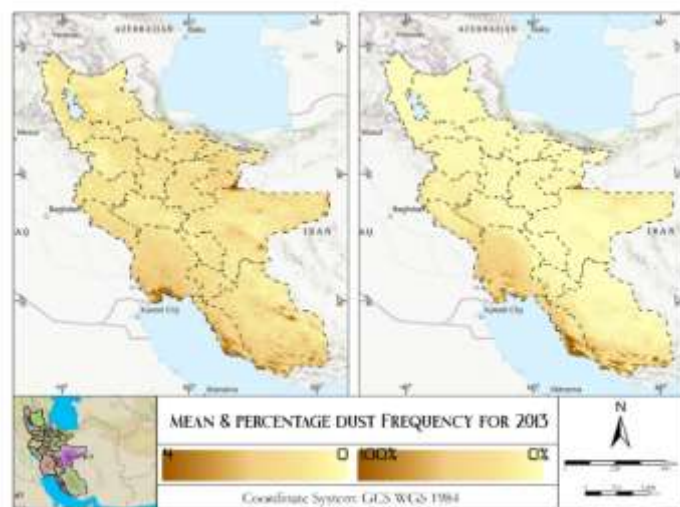
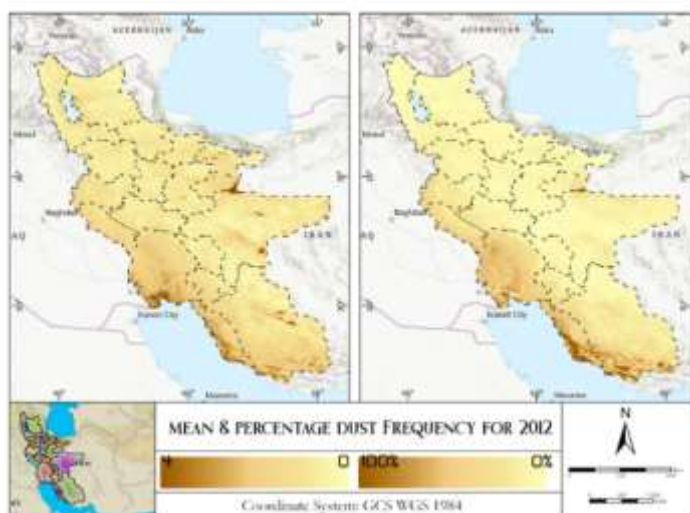


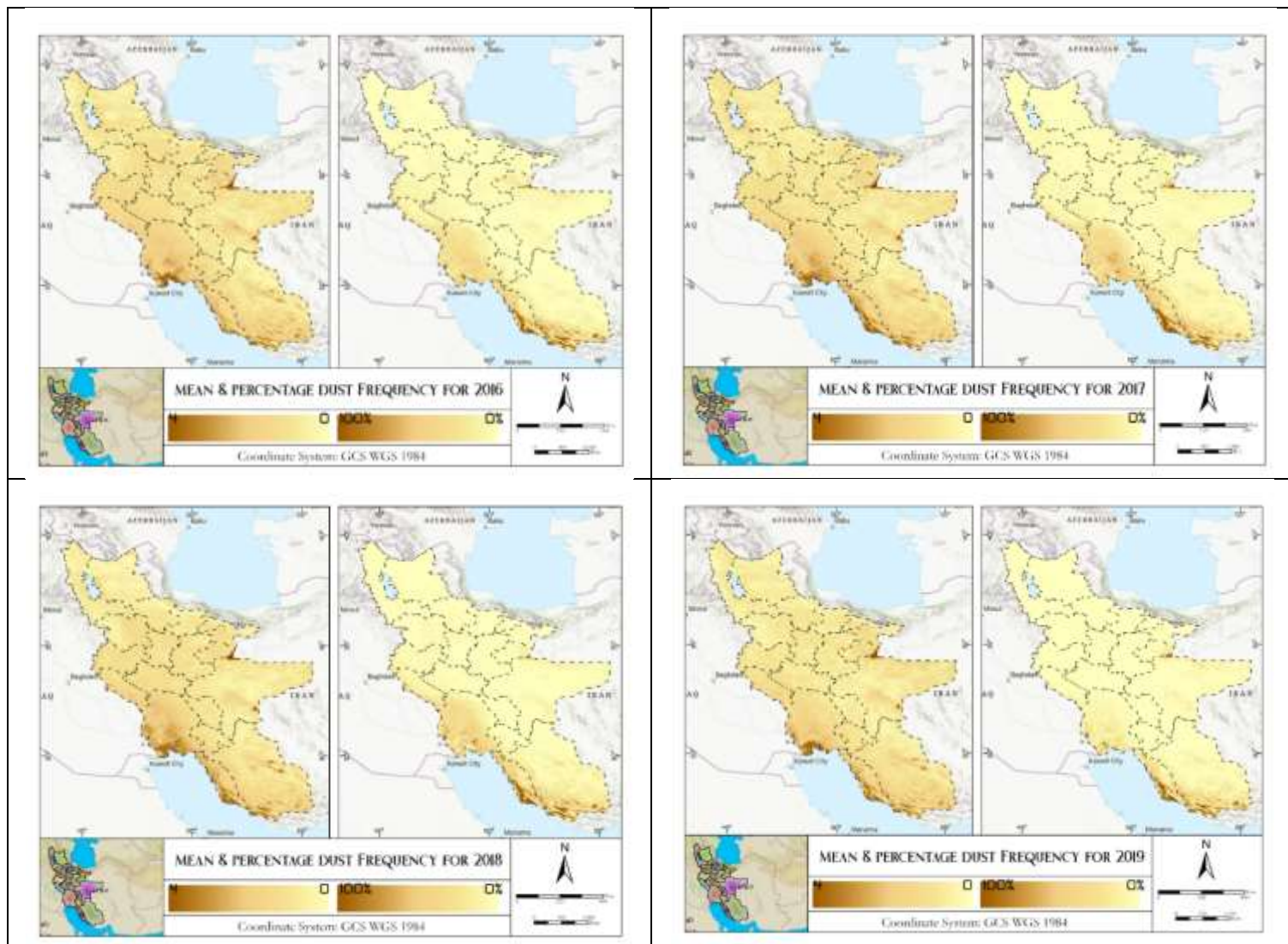
پایش زمانی و مکانی پدیده گرد و غبار و منشاء یابی آن با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای در غرب ایران بین
 سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳
 علی ابراهیم زغیر النصاروی، خلیل ولیزاده کامران





پایش زمانی و مکانی پدیده گرد و غبار و منشاء یابی آن با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای در غرب ایران بین
 سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳
 علی ابراهیم زغیر النصاروی، خلیل ولیزاده کامران





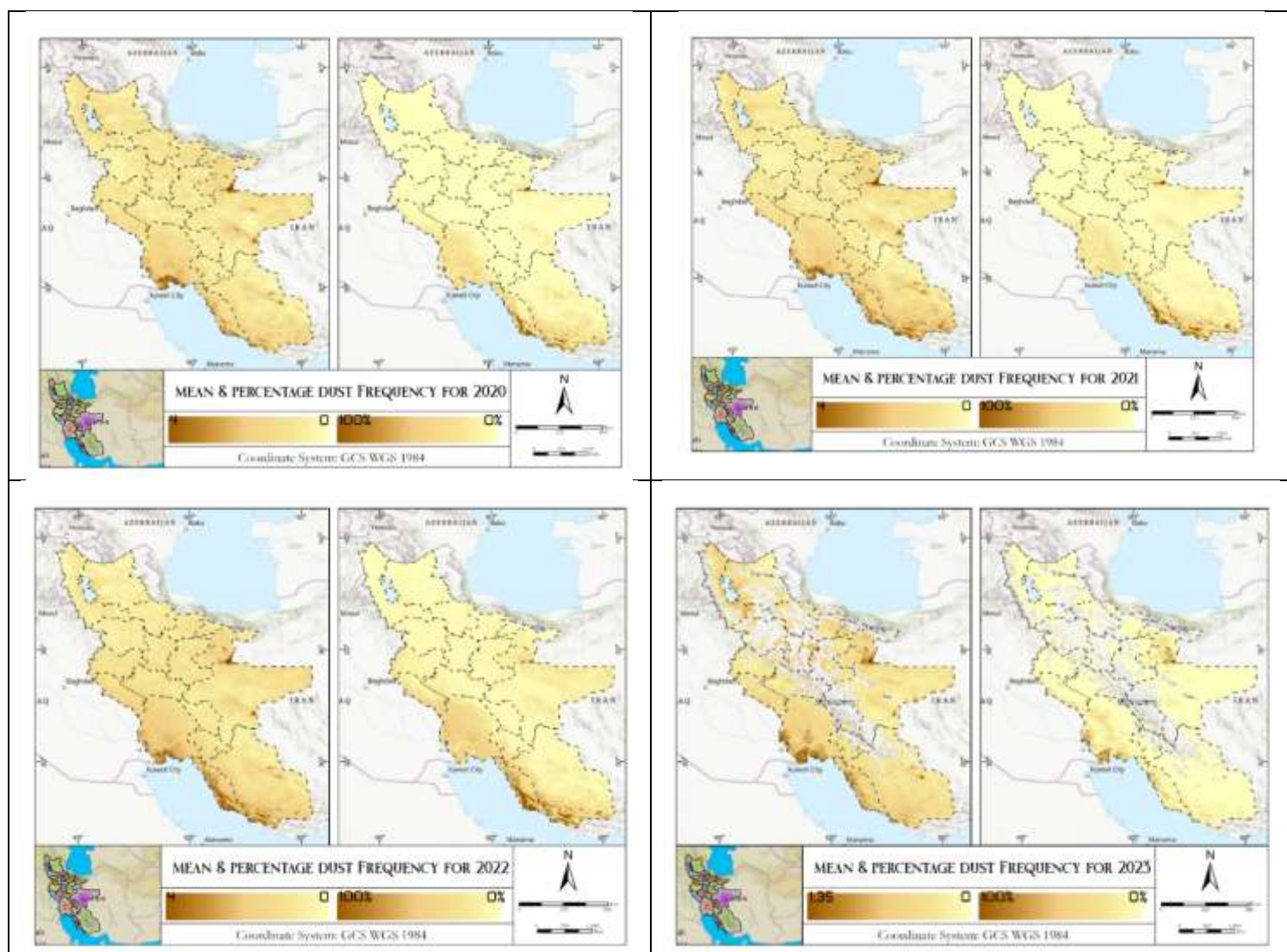


Figure 4: Average and frequency percentage of dust in the studied provinces

در طول دوره ی آماری ۲۰ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۳) با توجه به اطلاعات ثبت شده در استان های بررسی شده و معیارهای
شناسایی و تفکیک روزهای غبار آلود ناشی از طوفان گرد و غبار در این مطالعه، در سال ۲۰۰۰ مناطق جنوب غربی دارای

بیشترین فرکانس میباید بطوریکه در سال ۲۰۲۳ به کمترین مقدار کاهش یافته است، همچنین میانگین گرد و غبار در سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۲۰۲۳ روند نسبتاً کاهشی داشته است. در مجموع، نواحی جنوب و جنوب غربی گرد و غبار بیشتری بطور میانگین نسبت به سایر محدوده ها ثبت شده است همچنین توزیع گرد و غبار در سایر مناطق نیز در بازه زمانی مطالعه در اشکال بالا قابل مشاهده می باشد. در نمودارهای زیر مجموع شیب تغییرات میانگین و فراوانی به تفکیک شهرستانهای مورد مطالعه اضافه شده است.

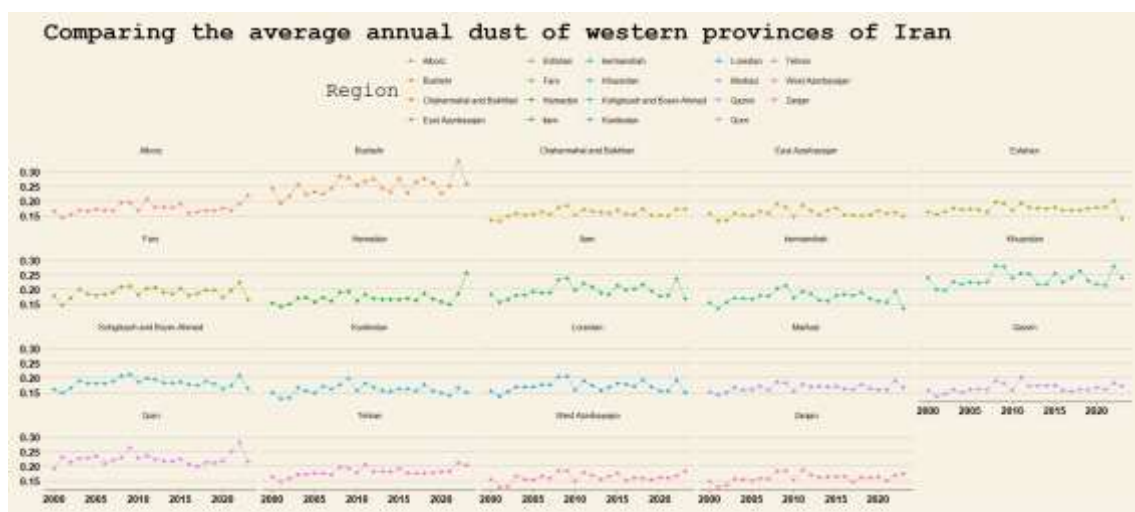


Figure 5: Annual Average Dust Concentration by Province

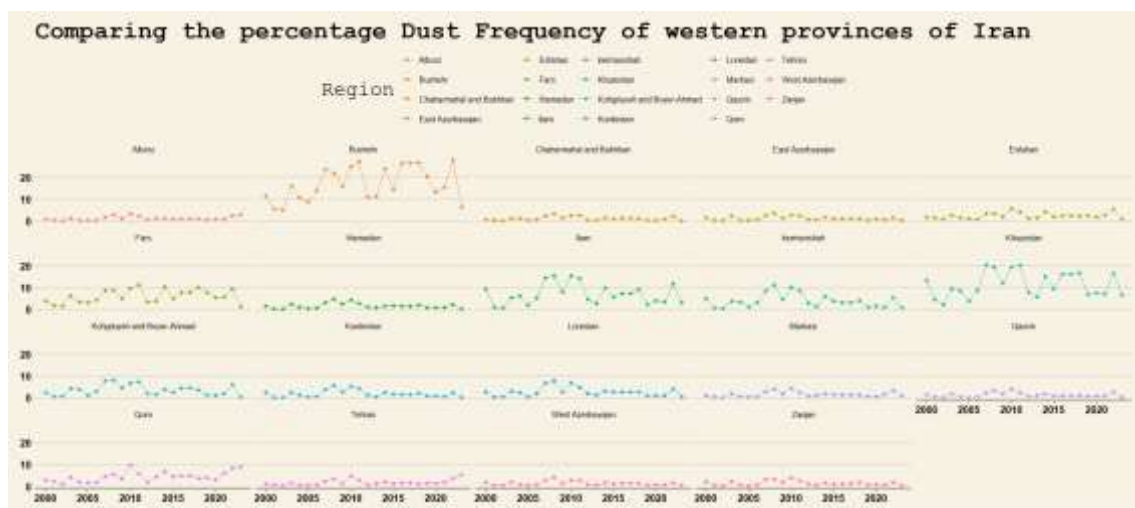


Figure 6: Annual Frequency Percentage of Dust by Province

۴- نتیجه گیری

گرد و غبار یکی از پدیده های جوی است که آثار و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی برجای می گذارد. به دلیل موقعیت جغرافیایی ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان و همجواری با بیابانهای عراق و تأثیرپذیری شدید از بیابان های منطقه خاورمیانه، شرایط نامناسبی در زمینه پدیده گرد و غبار ایجاد میکند.

طبق بررسی های انجام شده در این تحقیق نتایج زیر استنباط می شود:

۱. با توجه به نقشه میانمایی تعداد روز غبارآلود در نیمه غربی ایران می توان دید که منطقه غرب ایران از لحاظ فراوانی و وقوع پدیده گرد و غبار و چگونگی روند آن دارای نظام همگنی نیست، به طوری که تعداد روزهای گرد و غباری از شمال به سمت جنوب افزایش مییابد و ایستگاه های واقع در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه روزهای گرد و غبار کمتری را تجربه کرده اند. ایستگاههای واقع در این منطقه به دلیل دارا بودن پوشش گیاهی مناسب، شرایط توپوگرافی و به لحاظ داشتن عرض جغرافیایی بالاتر از گرد و غبارهای فرامنطقه ای که در بستر سامانه های سینوپتیکی از مناطق بیابانی غرب کشور منتقل میشوند، مصون هستند. حال آنکه هسته بیشینه وقوع پدیده گرد و غبار در ایستگاههای واقع در بخش جنوب غربی منطقه مورد مطالعه که شامل ایستگاههای اهواز، امیدیه، بوشهر و شیراز بوده، قرار داشته است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که منشأ اصلی ورود این گرد و غبارها در خارج از مرزهای کشور بوده و از بیابانهای مناطق دوردست نشأت می گیرند. بنابراین منطقه مورد مطالعه به خاطر داشتن ویژگی های طبیعی از جمله مرتفع بودن و کوهستانی بودن بیشتر قسمتهای غرب کشور به استثنای بخش کوچکی در محدوده استان های خوزستان و ایلام، داشتن بارندگی سالانه بیشتر از متوسط کشوری و همچنین پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی که در مجموع آن را از مناطق خشک کشور جدا میکند، به عنوان منطقه گرد و غباری به شمار نمیرود.

در نتیجه بیشتر گرد و غبارهای فراگیر و گستردهای که در بخش عظیمی از غرب ایران مشاهده میشود فرامحلی بوده و از نواحی دور و نزدیک دیگر منشأ می گیرد. دوم اینکه قسمتهای مرکزی و جنوبی منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در مسیر سیکلون ها و سیستم های آورنده گرد و غبار به کشور قرار دارد.

۲. نتایج حاصل از بررسی روند نشان داد که کارآیی دو روش من-کندال و Sen's Estimator در تحلیل روند تعداد روز غبارآلود سالانه در بیشتر موارد شبیه هم است و کارآیی روش Sen's Estimator در تحلیل مشاهداتی که در آنها تعداد داده های صفر (عدم وجود روز غبارآلود) زیاد است بهتر از آزمون من-کندال میباشد. با توجه به ناکافی بودن تعداد سری های دارای روند معنی دار نسبت به سری های فاقد روند، نمی توان روند خاصی را بر تعداد روز غبارالود منطقه مورد مطالعه نسبت داد. نتایج حاصل از بررسی روند ایستگاههای منطقه مورد مطالعه دو وضعیت روند صعودی و نزولی

را مشخص ساخت. از میان ایستگاههای مورد بررسی، بیجار، سقز، سنندج، کنگاور، خرم آباد، شهرکرد، امیدیه و آبادان دارای روند مثبت و صعودی بودند. ایستگاه های بوشهر، قم و قزوین دارای روند منفی و نزولی بودند. در بقیه ایستگاه ها روند معنی داری مشاهده نشد.

۳. پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران با استفاده از شاخص NDDI مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که تصاویر ماهواره ای MODIS پتانسیل لازم را برای پایش تغییرات پدیده گرد و غبار در طول دوره های آماری مختلف دارا می باشد. با توجه به ویژگی های طیفی طوفان شن و کرد و غبار در طول موج های خورشیدی MODIS، انعکاس همراه با طول موج افزایش می یابد. نتایج بررسی ها نشان می دهد که میانگین روزانه شاخص NDDI در کل منطقه مورد مطالعه در ۴ روز اول جولای ۲۰۰۸، دارای تغییراتی بوده است که از جمله دلایل این می تواند ورود یک سیستم سینوپتیک مرطوب و ابرآلود دانست که به وضوح می توان در روز دوم و سوم در بخش های مرکزی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه مشاهده کرد. نتایج به دست آمده بر روی تصاویر مورد نظر نشان می دهد حداکثر مقدار پوشش غباری در روز اول، دوم، سوم و چهارم جولای در استان های فارس و بوشهر مشاهده شد ولی کمترین مقدار شاخص در بخش های دورتر در محدوده مورد مطالعه شامل استان های آذربایجان غربی و شرقی و قم و مرکزی بود.

۳-۶-پیشنهادهات

به دلیل اهمیت و اثراتی که طوفان های خاک و ماسه بر روی اقلیم، کشاورزی، راه های ارتباطی و بطور مستقیم بر دستگاه تنفسی انسان دارد مطالعه طوفان های خاک بصورت جامع و گسترده در سطح کشور انجام گیرد. شایان ذکر است که نتایج حاصل در این تحقیق مربوط به دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۸۹ بوده و با اضافه شدن آمار در سال های آتی، نتایج حاصله را بهنگام سازی و تعدیل نمود. همچنین کارآیی دو روش روندیابی من-کندال و سنس استیمیتور مطرح شده در این تحقیق صرفاً در تحلیل روند سری های زمانی پدیده گرد و غبار نبوده و پیشنهاد میگردد که در تحلیل روند سایر سری های زمانی هواشناسی، هیدرولوژی و ... نیز از این دو روش استفاده بعمل آید.

۵-منابع

- Abedzadeh, H. (2005). Synoptic analysis of dust systems in western Iran (Master's thesis, Razi University, Kermanshah).(In persian)
- Zolfaqari, H., & Abedzadeh, H. (2005). Synoptic analysis of dust systems in western Iran. Geography and Development, Autumn and Winter 2005, 174-175. (In persian)
- Kavehiani, M. R., & Alijani, B. (2001). Fundamentals of climatology. Samt Publications. (In persian)

- Bozorgnia, I. (1987). Analysis of time series and forecasting. Cultural Deputy of Astan Quds Razavi. (In persian)
- Hojjam, S., Khoshkh, Y., & Shamseddin Vandi, R. (2008). Analysis of trends in seasonal and annual precipitation changes at selected stations in central Iran using non-parametric methods. *Geographical Research Quarterly*, 64, 157-168. (In persian)
- Chung, Y.-S., & Yoon, M.-B. (1996). On the occurrence of yellow sand and atmospheric loadings. *Atmospheric Environment*, 30(13), 2387–2397.
- Dayan, U., Heffter, J., Miller, J., & Gutman, G. (1991). Dust intrusion events into the Mediterranean basin. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 30(8), 1185–1199.
- Doabi, S. A., Afyuni, M., & Karami, M. (2017). *Assessment of Kermanshah province atmospheric dust contamination with selected heavy metals using pollution indexes during the summer 2013*.
- Hagen, L. J., & Woodruff, N. P. (1973). Air pollution from duststorms in the Great Plains. *Atmospheric Environment* (1967), 7(3), 323–332.
- Jish Prakash, P., Stenchikov, G., Kalenderski, S., Osipov, S., & Bangalath, H. (2015). The impact of dust storms on the Arabian Peninsula and the Red Sea. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(1), 199–222.
- Kaskaoutis, D. G., Francis, D., Rashki, A., Chaboureau, J.-P., & Dumka, U. C. (2019). Atmospheric dynamics from synoptic to local scale during an intense frontal dust storm over the Sistan Basin in winter 2019. *Geosciences*, 9(10), 453.
- Kosmopoulos, P. G., Kazadzis, S., Taylor, M., Athanasopoulou, E., Speyer, O., Raptis, P. I., Marinou, E., Proestakis, E., Solomos, S., & Gerasopoulos, E. (2017). Dust impact on surface solar irradiance assessed with model simulations, satellite observations and ground-based measurements. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(7), 2435–2453.
- Kumar, S., Kumar, S., Kaskaoutis, D. G., Singh, R. P., Singh, R. K., Mishra, A. K., Srivastava, M. K., & Singh, A. K. (2015). Meteorological, atmospheric and climatic perturbations during major dust storms over Indo-Gangetic Basin. *Aeolian Research*, 17, 15–31.

- Maleki, H., Sorooshian, A., Goudarzi, G., Nikfal, A., & Baneshi, M. M. (2016). Temporal profile of PM₁₀ and associated health effects in one of the most polluted cities of the world (Ahvaz, Iran) between 2009 and 2014. *Aeolian Research*, 22, 135–140.
- Mei, D., Xiushan, L., Lin, S., & Ping, W. (2008). A dust-storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 965–970.
- Middleton, N. Rangeland management and climate hazards in drylands: Dust storms, desertification and the overgrazing debate. *Nat. Hazards* 2018, 92, 57–70.
- Middleton, N. J., & Chaudhary, Q. Z. (1988). Severe dust storm at Karachi, 31 May 1986. *Weather*, 43(8), 298–301.
- Morales, C. (1979). *Sahara dust. SCOPE 14, Scientific Committee on Problems of the Environment*. Wiley & Sons, Chichester.
- Naimabadi, A., Ghadiri, A., Idani, E., Babaei, A. A., Alavi, N., Shirmardi, M., Khodadadi, A., Marzouni, M. B., Ankali, K. A., & Rouhizadeh, A. (2016). Chemical composition of PM₁₀ and its in vitro toxicological impacts on lung cells during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. *Environmental Pollution*, 211, 316–324.
- Partal, T., & Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes: An International Journal*, 20(9), 2011–2026.
- Qu, J. J., Hao, X., Kafatos, M., & Wang, L. (2006). Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(4), 484–486.
- Salmabadi, H., Khalidy, R., & Saeedi, M. (2020). Transport routes and potential source regions of the Middle Eastern dust over Ahvaz during 2005–2017. *Atmospheric Research*, 241, 104947.
- Serrano, A., Mateos, V. L., & Garcia, J. A. (1999). Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921–1995. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 24(1–2), 85–90.
- Shao, Y., & Dong, C. H. (2006). A review on East Asian dust storm climate, modelling and monitoring. *Global and Planetary Change*, 52(1–4), 1–22.

- Wald, A. E., Kaufman, Y. J., Tanré, D., & Gao, B. (1998). Daytime and nighttime detection of mineral dust over desert using infrared spectral contrast. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 103(D24), 32307–32313.
- Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F., & Rastmanesh, F. (2011). Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of Geochemical Exploration*, 111(3), 138–151.



Spatial-Temporal monitoring of the dust phenomenon and its origin using RemoteSensing in western Iran between 2000 and 2023

Abstract

Dust is one of the generally harmful weather phenomena that every year disrupts economic affairs and daily life, causing financial damage and threatening the physical and even mental health of people in society. This phenomenon, which is considered one of the environmental hazards in arid and semi-arid regions, is affected by the change of atmospheric conditions, and if the mechanism of its occurrence and spread is known, its damages can be reduced or at least adapted to it. The studied area includes the western and northwestern provinces of Iran. The data used in this study are divided into two categories: ground and RemoteSensing data. Based on this, the library method has been used. The ground data of 27 synoptic stations in the western half of the country and a collection of satellite images have been extracted. The current situation has been described in the environment of Excel, ArcGIS and GEE. The obtained results show that the maximum amount of dust cover was observed on the first, second, third and fourth day of July in Fars and Bushehr provinces, but the lowest index value was observed in the farthest parts of the study area, including the provinces of West and East Azerbaijan, Qom and Makrazi. Also, the main source of these dusts is outside the borders of the country and originates from the deserts of distant regions.

Keywords: GEE, remote sensing, spatio-temporal, dust, western Iran